

METHOD FOR PRODUCING HIGH TENSION STEEL PLATE

Publication number: JP2005232562 (A)

Publication date: 2005-09-02

Inventor(s): NAGAO AKIHIDE; OI KENJI

Applicant(s): JFE STEEL KK

Classification:

- **International:** B21B1/26; B21B3/00; C21D8/02; C22C38/00; C22C38/06; C22C38/58; B21B1/26; B21B3/00; C21D8/02; C22C38/00; C22C38/06; C22C38/58; (IPC1-7): C21D8/02; B21B1/26; B21B3/00; C22C38/00; C22C38/06; C22C38/58

- **European:**

Application number: JP20040046024 20040223

Priority number(s): JP20040046024 20040223

Abstract of JP 2005232562 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for producing a high tension steel plate having tensile strength of >=570N/mm² and extremely excellent in balance of strength/toughness. ; **SOLUTION:** The method for producing the high tension steel plate is as follows, in which after casting the steel composed by mass% of 0.02-0.18% C, 0.05-0.6% Si, 0.5-2.0% Mn, 0.005-0.1% Al, 0.0005-0.008% N, <0.03% P, <0.03% S and the balance Fe with inevitable impurities, this steel is not cooled to <Ar</SB>3</SB> transformation point, or reheated to >Ac</SB>3</SB> transformation point, and after hot-rolling to a prescribed plate thickness, successively, this rolled-steel is directly quenched from >Ar</SB>3</SB> transformation point, or cooled to <400[deg.]C with accelerated-cooling.; Thereafter, a heating apparatus set by directly connecting with on the same producing line as the rolling-mill and the direct quenching apparatus or the accelerated-cooling apparatus is used and a tempering is applied at the maximum reaching temperature >520[deg.]C in the central part of the plate thickness direction as <1[deg.]C/s average temperature rising speed at the central part of the plate thickness from the tempering starting temperature to 460[deg.]C and >1[deg.]C/s average temperature rising speed till the prescribed tempering temperature of >460[deg.]C to <Ac</SB>1</SB> transformation point. ; **COPYRIGHT:** (C)2005,JPO&NCIPI

Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-232562

(P2005-232562A)

(43) 公開日 平成17年9月2日(2005.9.2)

(51) Int.C1.⁷

F 1

テーマコード(参考)

C21D 8/02

C21D 8/02

B

4E002

B21B 1/26

B21B 1/26

D

4K032

B21B 3/00

B21B 3/00

A

C22C 38/00

C22C 38/00 301A

C22C 38/06

C22C 38/06

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2004-46024 (P2004-46024)

(22) 出願日

平成16年2月23日 (2004.2.23)

(71) 出願人 000001258

JFEスチール株式会社

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号

(74) 代理人 100083839

弁理士 石川 泰男

(72) 発明者 長尾 彰英

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J

F E スチール株式会社内

(72) 発明者 大井 健次

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J

F E スチール株式会社内

F ターム(参考) 4E002 AD01 BD07 BD08 BD09 CB01

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】高張力鋼板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】強度・韌性バランスが極めて優れたら70N/mm²以上の引張強度を有する高張力鋼板の製造が可能となる。

【解決手段】質量%で、C:0.02~0.18%、Si:0.05~0.6%、Mn:0.5~2.0%、Al:0.005~0.1%、N:0.0005~0.008%、P:0.03%以下、S:0.03%以下、残部:Feおよび不可避的不純物からなる鋼を鋳造後、Ar₃変態点以下に冷却することなく、あるいはAc₃変態点以上に再加熱し、所定の板厚に熱間圧延した後、引続きAr₃変態点以上から直接焼入れ、あるいは加速冷却によって400°C以下の温度まで冷却し、この後、圧延機および直接焼入れ装置もしくは加速冷却装置と同一の製造ライン上に直結して設置された加熱装置を用いて、焼戻し開始温度から460°Cまでの板厚中心部の平均昇温速度を1°C/s未満で、かつ460°C以上Ac₁変態点以下の所定の焼戻し温度までの板厚中心部の平均昇温速度を1°C/s以上として、板厚中心部の最高到達温度を520°C以上に焼戻す。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】**【請求項1】**

質量%で、

C : 0. 02~0. 18%、
Si : 0. 05~0. 6%、
Mn : 0. 5~2. 0%、
Al : 0. 005~0. 1%、
N : 0. 0005~0. 008%、
P : 0. 03%以下、
S : 0. 03%以下、

残部 : Fe および不可避的不純物

からなる鋼を鋳造後、Ar₃変態点以下に冷却することなく、あるいはAc₃変態点以上に再加熱し、所定の板厚に熱間圧延した後、引続きAr₃変態点以上から直接焼入れ、あるいは加速冷却によって400°C以下の温度まで冷却し、この後、圧延機および直接焼入れ装置もしくは加速冷却装置と同一の製造ライン上に直結して設置された加熱装置を用いて、焼戻し開始温度から460°Cまでの板厚中心部の平均昇温速度を1°C/s未満で、かつ460°C以上Ac₁変態点以下の所定の焼戻し温度までの板厚中心部の平均昇温速度を1°C/s以上として、板厚中心部の最高到達温度を520°C以上に焼戻すことを特徴とする、高張力鋼板の製造方法。

【請求項2】

質量%で、さらにCu : 2%以下、Ni : 4%以下、Cr : 1%以下、Mo : 1%以下の1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項1に記載の高張力鋼板の製造方法。

【請求項3】

質量%で、さらにNb : 0. 05%以下、V : 0. 5%以下、Ti : 0. 03%以下の1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項1または2に記載の高張力鋼板の製造方法。

【請求項4】

質量%で、さらにB : 0. 003%以下、Ca : 0. 01%以下、REM : 0. 015%以下、Mg : 0. 01%以下の1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項1から3の何れか1つに記載の高張力鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、高張力鋼板の製造方法、特に、焼戻し時における板厚中心の昇温速度を規定することによって、従来材よりも強度・韌性バランスに優れた高張力鋼板の製造方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

近年、海洋構造物等の鋼構造の大型化やラインパイプの敷設コストの削減等の要求に対応するため、より強靭な鋼の開発が求められている。引張強度が約570N/mm²以上の鋼は、焼入れによりマルテンサイトもしくはベイナイト変態を生じさせ、そのままで韌性が劣っているため、その後の焼戻しによって過飽和固溶炭素の炭化物としての析出等を生じさせることによって、主として韌性の改善を図って実用に供される例が多い。

【0003】

従来、このような焼入れ・焼戻し鋼板は、例えば、特公昭55-49131号公報（特許文献1）等に記載されているように、圧延後そのまま直接焼入れを行い、その後、焼戻すことによって製造してきた。

【0004】

しかし、この技術における焼戻し処理の工程は、加熱および保持に多大な時間を要する

ために、焼入れの製造ラインとは別のラインで行わざるを得ず、このため、別ラインまでの鋼板の搬送等に冶金的には必ずしも必要でない時間を消費してしまうことから、生産性・製造費用の観点で改善の余地があった。

【0005】

このような問題点を解決するために、特許第3015923号公報（特許文献2）、特許第3015924号公報（特許文献3）等に記載されているように、焼戻し処理を急速短時間とすることによって、焼戻し処理を焼入れ処理と同一の製造ライン上で行うことを可能とし、焼入れ・焼戻し鋼板の生産性を著しく高め、生産性・製造費用を改善すると共に、更に、材質の観点からも従来の焼入れ・焼戻し鋼板よりも強靭な高強度鋼の製造を可能とする発明がなされた。

【0006】

【特許文献1】特公昭55-49131号公報

【特許文献2】特許第3015923号公報

【特許文献3】特許第3015924号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、上記特許文献2、特許文献3等に記載されている急速短時間焼戻し材も、寒冷地で使用される場合のような非常に厳しい韧性要求には対応できないという問題があり、より強靭な高強度鋼の製造方法が求められていた。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明は、上述した従来技術における上記問題点を克服すべく、特に、焼戻し時における板厚中心部の昇温速度を規定することによって、従来材よりも強度・韧性バランスに優れた高張力鋼板の製造方法を提供するものであり、下記を特徴とするものである。

【0009】

請求項1記載の発明は、質量%で、C : 0.02~0.18%、Si : 0.05~0.6%、Mn : 0.5~2.0%、Al : 0.005~0.1%、N : 0.0005~0.008%、P : 0.03%以下、S : 0.03%以下、残部 : Fe および不可避的不純物からなる鋼を鋳造後、Ar₃変態点以下に冷却することなく、あるいはAc₃変態点以上に再加熱し、所定の板厚に熱間圧延した後、引き続きAr₃変態点以上から直接焼入れ、あるいは加速冷却によって400°C以下の温度まで冷却し、その後、圧延機および直接焼入れ装置もしくは加速冷却装置と同一の製造ライン上に直結して設置された加熱装置を用いて、焼戻し開始温度から460°Cまでの板厚中心部の平均昇温速度を1°C/s未満で、かつ460°C以上Ac₁変態点以下の所定の焼戻し温度までの板厚中心部の平均昇温速度を1°C/s以上として、板厚中心部の最高到達温度を520°C以上に焼戻すことに特徴を有するものである。

【0010】

請求項2記載の発明は、請求項1に記載の発明において、質量%で、さらにCu : 2%以下、Ni : 4%以下、Cr : 1%以下、Mo : 1%以下の1種または2種以上を含有することに特徴を有するものである。

【0011】

請求項3記載の発明は、請求項1または2に記載の発明において、質量%で、さらにNb : 0.05%以下、V : 0.5%以下、Ti : 0.03%以下の1種または2種以上を含有することに特徴を有するものである。

【0012】

請求項4記載の発明は、請求項1から3の何れか1つに記載の発明において、質量%で、さらにB : 0.003%以下、Ca : 0.01%以下、REM : 0.015%以下、Mg : 0.01%以下の1種または2種以上を含有することに特徴を有するものである。

【発明の効果】

【0013】

この発明によれば、強度・韌性バランスが極めて優れた 570 N/mm^2 以上の引張強度を有する高張力鋼板の製造が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

先ず、この発明における成分の限定理由について述べる。なお、化学成分組成割合を示す%は、何れも質量%である。

【0015】

(C : 0. 02~0. 18 %)

Cは、強度を確保するために含有するが、0. 02%未満ではその効果が不十分であり、一方、0. 18%を超えると母材および溶接熱影響部の韌性が劣化するとともに、溶接性が著しく劣化する。従って、C含有量を0. 02~0. 18%に限定する。

【0016】

(Si : 0. 05~0. 6 %)

Siは、製鋼段階の脱酸材および強度向上元素として含有するが、0. 05%未満ではその効果が不十分であり、一方、0. 6%を超えると母材および溶接熱影響部の韌性が劣化するとともに、溶接性が著しく劣化する。従って、Si含有量を0. 05~0. 6%に限定する。

【0017】

(Mn : 0. 5~2. 0 %)

Mnは、強度を確保するために含有するが、0. 5%未満ではその効果が不十分であり、一方、2. 0%を超えると溶接熱影響部の韌性が劣化するとともに、溶接性が著しく劣化する。従って、Mn含有量を0. 5~2. 0%に限定する。

【0018】

(Al : 0. 005~0. 1 %)

Alは、脱酸のために添加するが、0. 005%未満の場合にはその効果が十分でなく、一方、0. 1%を超えて含有すると、鋼板の表面疵が発生し易くなる。従って、Al含有量を0. 005~0. 1%に限定する。

【0019】

(N : 0. 0005~0. 008 %)

Nは、Tiなどと窒化物を形成することによって組織を微細化し、母材ならびに溶接熱影響部の韌性を向上させる効果を有するために添加する。しかしながら、0. 0005%未満の添加では組織の微細化効果が充分にもたらされず、一方、0. 008%を超える添加は固溶N量が増加するために母材および溶接熱影響部の韌性を損なう。従って、N含有量を0. 0005~0. 008%に限定する。

【0020】

(P : 0. 03 %以下、S : 0. 03 %以下)

P、Sはいずれも不純物元素であり、0. 03%を超えると健全な母材および溶接継手を得ることができなくなる。従って、P、S含有量を0. 03%以下に限定する。

【0021】

この発明では、所望の特性に応じてさらに以下の成分を含有することができる。

【0022】

(Cu : 2 %以下)

Cuは、固溶強化および析出強化により強度を上昇させる作用を有している。しかしながら、Cu含有量が2%を超えると、母材の韌性が劣化する。従って、Cuを添加する場合には、その含有量を2%以下に限定する。

【0023】

(Ni : 4 %以下)

Niは、韌性および焼入れ性を向上する作用を有している。しかしながら、Ni含有量が4%を超えると、経済性が劣る。従って、Niを添加する場合には、その含有量を4%

以下に限定する。

【0024】

(C r : 1 % 以下)

C r は、強度及び韌性を向上する作用を有している。しかしながら、C r 含有量が 1 % を超えると、溶接性が劣化する。従って、C r を添加する場合には、その含有量を 1 % 以下に限定する。

【0025】

(M o : 1 % 以下)

M o は、焼入れ性および強度を向上する作用を有している。しかしながら、M o 含有量が 1 % を超えると、経済性が劣る。従って、M o を添加する場合には、その含有量を 1 % 以下に限定する。

【0026】

(N b : 0 . 0 5 % 以下)

N b は、マイクロアロイ元素として強度を向上させるために添加する。しかしながら、0 . 0 5 % を超えると溶接熱影響部の韌性を劣化させる。従って、N b を添加する場合には、その含有量を 0 . 0 5 % 以下に限定する。

【0027】

(V : 0 . 5 % 以下)

V は、マイクロアロイ元素として強度を向上させるために添加する。しかしながら、0 . 5 % を超えると溶接熱影響部の韌性を著しく劣化させる。従って、V を添加する場合には、その含有量を 0 . 5 % 以下に限定する。

【0028】

(T i : 0 . 0 3 % 以下)

T i は、圧延加熱時あるいは溶接時にT i N を生成し、オーステナイト粒の成長を抑制し、母材ならびに溶接熱影響部の韌性を向上させる。しかしながら、その含有量が 0 . 0 3 % を超えると溶接熱影響部の韌性を劣化させる。従って、T i を添加する場合には、その含有量を 0 . 0 3 % 以下に限定する。

【0029】

(B : 0 . 0 0 3 % 以下)

B は、焼入れ性を向上する作用を有している。しかしながら、0 . 0 0 3 % を超えると、韌性を劣化させる。従って、B を添加する場合には、その含有量を 0 . 0 0 3 % 以下に限定する。

【0030】

(C a : 0 . 0 1 % 以下)

C a は、硫化物系介在物の形態制御に不可欠な元素である。しかしながら、0 . 0 1 % を超える添加は、清浄度の低下を招く。従って、C a を添加する場合には、その含有量を 0 . 0 1 % 以下に限定する。

【0031】

(R E M : 0 . 0 1 5 % 以下)

R E M は、鋼中でR E M (O , S) として硫化物を生成することによって結晶粒界の固溶S量を低減して耐SR割れ特性を改善する。しかしながら、0 . 0 1 5 % を超える添加は、清浄度の低下を招く。従って、R E M を添加する場合には、その添加量を 0 . 0 1 5 % 以下に限定する。

【0032】

(M g : 0 . 0 1 % 以下)

M g は、溶銑脱硫材として使用する場合がある。しかしながら、0 . 0 1 % を超える添加は、清浄度の低下を招く。従って、M g を添加する場合には、その添加量を 0 . 0 1 % 以下に限定する。

【0033】

次に、この発明における製造条件の限定理由について述べる。

【0034】**(鋳造条件)**

この発明は、いかなる鋳造条件で製造された鋼材についても有効であるので、特に鋳造条件を特定する必要はない。

【0035】**(圧延条件)**

鋳片を A_{r_3} 変態点以下に冷却することなく、そのまま熱間圧延を開始しても、一度冷却した鋳片を A_{C_3} 変態点以上に再加熱した後に熱間圧延を開始してもよい。これは、この温度域で圧延を開始すれば、この発明の有効性は失われないためである。なお、この発明においては、 A_{C_3} 変態点以上で圧延を終了すれば、その他の圧延条件に関して特に規定するものではない。これは、 A_{r_3} 変態点以上の温度の圧延であれば、再結晶域で圧延を行っても未再結晶域で圧延を行っても、この発明の有効性は發揮されるためである。

【0036】**(直接焼入れあるいは加速冷却)**

熱間圧延終了後、母材強度および母材韌性を確保するため、 A_{r_3} 変態点以上の温度から 400°C 以下まで強制冷却を施すことが必要である。鋼板の温度が 400°C 以下になるまで冷却する理由は、オーステナイトからマルテンサイトもしくはベイナイトへの変態を完了させ、母材を強化するためである。このときの冷却速度は、 $1^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上とするのが好ましい。

【0037】**(焼戻し装置の設置方法)**

焼戻しは、圧延機および直接焼入れ装置もしくは加速冷却装置と同一の製造ライン上に直結して設置された加熱装置を用いて行うものとした。これは、直結化によって圧延・焼入れ処理から焼戻し処理までに要する時間を短くすることが可能となり、生産性の向上がもたらされるためである。

【0038】**(焼戻し条件)**

焼入れ時には自動焼戻しによって若干の炭化物の生成が生じる。この状態にある焼入れ材を昇温した場合、鋼板の温度が 460°C までは自動焼戻しによって生じた炭化物が溶解し、 460°C を超えると旧オーステナイト粒界やラス境界から炭化物の核生成・成長が生じ、更に鋼板の温度が 520°C を超えると、粒内から炭化物の核生成・成長が生じるようになることが本発明者等による研究から明らかとされた。この知見を基に、 520°C 以上の焼戻し処理を行う場合には、焼戻し温度から 460°C までの板厚中心部の平均昇温速度を $1^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 未満と低速にすることで、焼入れ時に自動焼戻しによって生じた炭化物を充分に溶解させる時間を与え、更に、 460°C 以上 A_{C_1} 変態点以下の所定の焼戻し温度までの板厚中心部の平均昇温速度を $1^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上と高速にすることで、旧オーステナイト粒界やラス境界からの炭化物の核生成・成長をなるべく抑制し、 520°C 以上で生じる粒内からの炭化物の核生成・成長を促進させると、炭化物の極めて微細な分散析出状態が得られ、焼入れ・焼戻し材の極めて優れた強靭化がもたらされることが実験的に検証された。なお、 460°C 以上、焼戻し温度までの板厚中心部の平均昇温速度は、望ましくは $2^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上である。

【0039】

以上より、焼戻し開始温度から 460°C までの板厚中心部の平均昇温速度を $1^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 未満で、かつ 460°C 以上 A_{C_1} 変態点以下の所定の焼戻し温度までの板厚中心部の平均昇温速度を $1^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上とし、かつ板厚中心部の最高到達温度を 520°C 以上に焼戻すこととした。

【0040】

なお、この発明における鋼板の温度は、板厚中心部での温度であり、表面実測温度からの計算により管理される。

【0041】

この発明は、転炉法・電気炉法等で溶製されたいかなる鋼や、連続鋳造・造塊法等で製造されたいかなるスラブについても有効であるので、特に鋼の溶製方法やスラブの製造方法を特定する必要は無い。

【0042】

焼戻し時の加熱方式は、誘導加熱、通電加熱、赤外線輻射過熱、雰囲気加熱等、所要の昇温速度が達成される方式でよい。

【0043】

焼戻し時における平均昇温速度の規定は、板厚中心部にて行ったが、板厚中心部近傍はほぼ同様の温度履歴となるため、板厚中心部のみに限定されるものではない。

【0044】

また、焼戻し時の昇温過程は、所定の平均昇温速度さえ得られれば、この発明は有効であるので、直線的な温度履歴を取っても、途中温度で滞留するような温度履歴を取っても構わない。

【0045】

焼戻し温度における保持時間は、生産性・製造費用や析出物の粗大化に起因する韌性の劣化を防止すべく、60 s以下とすることが望ましい。

【0046】

焼戻し後の冷却速度については、冷却中における析出物の粗大化に起因する韌性の劣化、または焼戻し不足による韌性の劣化を防止すべく、焼戻し温度～200°Cまでにおける板厚中心部の平均冷却速度を0.05°C/s以上20°C/s以下とすることが望ましい。

【実施例】

【0047】

次に、この発明の有効性を実施例によってさらに説明する。

【0048】

表1に示す化学成分の鋼A～Lを溶製してスラブに鋳造し、加熱炉で加熱後、圧延を行った。圧延後、引続き直接焼入れし、次いで、直列に設置した2台のソノレイド型誘導加熱装置を用いて、焼戻し開始から460°Cまでは1台目の誘導加熱装置にて、460°Cから所定の焼戻し温度までは2台目の誘導加熱装置にて連続的に焼戻し処理を行った。また、板厚中心部の平均昇温速度は、鋼板の通板速度によって管理した。なお、焼戻し温度にて保持する場合には、鋼板を往復させて加熱することによって、±5°Cの範囲内で保持を行った。また、加熱後の冷却は空冷とした。表1に、 P_{CM} 、 A_{C1} 、 A_{C3} 、 A_{r3} の値を合わせて示し、表外に、 A_{C1} 、 A_{C3} 、 A_{r3} の算出式を示す。

【0049】

以上の鋼板製造条件を表2に示す。同じく表2に、これらの製造条件で製造した鋼板の引張強度および板厚中心部の脆性・延性遷移温度($vTrs$)を示す。引張強度は、全厚引張試験片により測定し、韌性は、板厚中心部より採取した試験片を用いたシャルピー衝撃試験によって得られる $vTrs$ で評価した。

【0050】

材料特性の目標は、鋼A～Fに関しては、引張強度：570 MPa以上、 $vTrs$ ：−50°C以下、鋼G～Lに関しては、引張強度：780 MPa以上、 $vTrs$ ：−40°C以下とした。

【0051】

【表1】

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ti	B	Al	T.N	P _{GM}	Ac ₁	Ac ₃	Ar ₃	備考	(mass%)
A	0.08	0.20	1.31	0.011	0.001	-	-	0.05	0.012	-	-	0.031	0.0025	0.16	709	830	776	本発明例			
B	0.15	0.34	1.35	0.018	0.002	-	-	-	-	-	-	0.028	0.0029	0.23	712	823	756	本発明例			
C	0.09	0.26	1.45	0.014	0.002	-	-	-	0.021	0.041	0.008	-	0.022	0.0037	0.18	708	829	766	本発明例		
D	0.09	0.29	0.92	0.014	0.008	0.18	0.09	0.16	0.14	-	0.082	-	0.0012	0.030	0.0030	0.19	719	836	786	本発明例	
E	0.11	0.33	1.22	0.012	0.005	0.38	0.19	0.35	-	-	-	0.0023	0.027	0.0031	0.23	719	828	755	本発明例		
F	0.09	0.18	1.34	0.009	0.001	-	-	0.11	0.21	0.022	-	0.018	-	0.030	0.0032	0.18	711	827	756	本発明例	
G	0.15	0.34	1.22	0.018	0.004	-	-	0.06	0.05	0.022	0.008	0.009	0.009	0.024	0.0024	0.23	715	825	761	本発明例	
H	0.14	0.33	1.20	0.014	0.005	-	-	0.09	0.14	0.022	0.020	0.013	0.0010	0.032	0.0030	0.23	716	826	758	本発明例	
I	0.08	0.26	0.93	0.007	0.008	0.21	1.21	0.53	0.33	0.010	0.050	-	-	0.033	0.0031	0.22	711	816	706	本発明例	
J	0.09	0.21	1.09	0.005	0.002	0.17	1.52	0.28	0.48	0.012	0.050	-	-	0.028	0.0046	0.24	697	804	665	本発明例	
K	0.09	0.27	0.77	0.002	0.001	-	3.07	0.51	0.50	-	0.112	-	-	0.052	0.0035	0.26	686	783	604	本発明例	
L	0.09	0.18	1.45	0.009	0.003	0.19	2.25	0.42	0.48	0.010	0.042	-	-	0.027	0.0037	0.27	684	785	594	本発明例	

$$Ac_1 = 723 - 14Mn + 22Si - 14.4Ni + 23.3Cr$$

$$Ac_3 = 854 - 180C + 44Si - 14Mn - 17.8Ni - 1.7Cr$$

$$Ar_3 = 910 - 310C - 80Mn - 20Cu - 15Cr - 55Ni - 80Mo$$

【表2】

No.	鋼種	板厚(mm)	加熱温度(°C)	直接焼入れ開始温度(°C)	直接焼入れ停止温度(°C)	焼戻し開始温度(°C)	焼戻し温度(°C)	焼戻し開始～焼戻し温度までの板厚中心部の平均昇温速度(°C/s)	460°C～焼戻し温度までの板厚中心部の平均昇温速度(°C/s)	焼戻し開始～460°Cまでの板厚中心部の平均昇温速度(°C/s)	焼戻し温度での保持時間(s)	焼戻し温度～200°Cまでの平均冷却速度(°C/s)	引張強度(MPa)	板厚中心部vTrs(°C)	備考
1	A	10	1150	830	170	140	550	0.9	1.2	0	1	641	-110	本発明例	
2	B	25	1130	810	100	80	550	0.8	2.0	0	0.3	647	-105	本発明例	
3	C	25	1130	850	180	150	600	0.1	20.0	0	0.3	615	-83	本発明例	
4	D	25	1100	830	50	40	600	0.3	15.0	0	0.3	617	-79	本発明例	
5	E	25	1050	820	170	140	600	0.5	52.0	0	0.3	610	-87	本発明例	
6	F	25	1200	830	50	40	650	0.6	23.0	10	0.3	624	-85	本発明例	
7	G	30	1100	850	130	100	680	0.7	10.0	60	0.25	841	-90	本発明例	
8	H	40	1130	820	170	140	680	0.5	6.0	0	0.22	836	-86	本発明例	
9	I	50	1150	830	380	350	650	0.5	5.5	0	0.2	824	-76	本発明例	
10	J	60	1130	850	100	80	550	0.5	4.0	0	0.18	992	-70	本発明例	
11	K	70	1100	820	300	270	650	0.6	1.8	0	0.15	997	-65	本発明例	
12	L	100	1150	830	160	130	620	0.6	1.5	0	0.08	1011	-60	本発明例	
13	A	10	800	830	170	140	550	0.9	1.2	0	1	514	-45	比較例	
14	B	25	1130	730	100	80	550	0.8	2.0	0	0.3	530	-40	比較例	
15	C	25	1130	850	450	150	600	0.1	20.0	0	0.3	552	-35	比較例	
16	D	25	1100	830	50	40	600	1.1	15.0	0	0.3	610	-32	比較例	
17	E	25	1050	820	170	140	600	1.3	52.0	0	0.3	605	-41	比較例	
18	F	25	1200	830	50	40	650	2	23.0	10	0.3	620	-24	比較例	
19	G	30	1100	850	130	100	680	20	10.0	60	0.25	847	-29	比較例	
20	H	40	1130	820	170	140	680	0.5	0.9	0	0.22	840	-23	比較例	
21	I	50	1150	830	380	350	650	0.5	0.7	0	0.2	815	-33	比較例	
22	J	60	1130	850	100	80	550	0.5	0.5	0	0.18	990	-32	比較例	
23	K	70	1100	820	300	270	650	0.6	0.2	0	0.15	1001	-25	比較例	
24	L	100	1150	830	160	130	620	0.6	0.1	0	0.08	1015	-17	比較例	

下線部:発明範囲外、特性値目標外

【0053】

表2から明らかなように、本発明法により製造した鋼板No. 1～12（本発明例）の引張強度、板厚中心部vTrsは、何れも、目標値を満足している。

【0054】

これに対して、比較鋼板No. 13～24（比較例）は、引張強度、板厚中心部vTrsの

内、少なくとも一つが上記目標範囲を外れている。以下、これらの比較例を個別に説明する。

【0055】

加熱温度が本発明範囲から外れている鋼板No. 13は、引張強度および板厚中心部vTrsが何れも目標値に達していない。

【0056】

直接焼入れ開始温度が本発明範囲から外れている鋼板No. 14は、引張強度および板厚中心部vTrsが何れも目標値に達していない。

【0057】

直接焼入れ停止温度が本発明範囲から外れている鋼板No. 15は、引張強度および板厚中心部vTrsが何れも目標値に達していない。

【0058】

焼戻し開始～460°Cまでの平均昇温速度が本発明範囲から外れている鋼板No. 16、17、18、19は、何れも板厚中心部vTrsが目標値に達していない。

【0059】

460°C～焼戻し温度までの平均昇温速度が本発明範囲から外れている鋼板No. 20、21、22、23、24は、何れも板厚中心部vTrsが目標値に達していない。

(51) Int.C1.⁷

C 22 C 38/58

F I

C 22 C 38/58

テーマコード(参考)

F ターム(参考) 4K032 AA01 AA02 AA04 AA05 AA08 AA11 AA14 AA15 AA16 AA19
AA21 AA22 AA23 AA24 AA27 AA29 AA31 AA35 AA36 AA40
BA01 CA02 CC03 CD02 CD03 CF01 CF02